水力发电站继电保护装置的应用与维护探究

陶俊宏

贵州北源电力股份有限公司　贵州　遵义　563400

摘　要：水力发电站继电保护装置对发电站安全稳定运行至关重要。其具有防潮、可靠、速动、选择、灵敏等特性，类型多样。在发电机、变压器、母线、线路等方面有重要应用，可保障设备与系统安全。维护策略上，涵盖日常巡检、定期检修试验、故障诊断处理等。通过加强人员培训提升专业能力，建设维护管理制度，能规范维护流程，及时处理装置故障与隐患，确保继电保护装置可靠运行，保障水力发电站电力系统稳定。

关键词：水力发电站；继电保护装置；应用；维护

引言：随着社会对清洁能源需求的增加，水力发电在电力供应中占据着越发重要的地位。水力发电站的安全稳定运行，直接关系到电力的可靠供应。继电保护装置作为保障发电站设备安全、防止故障扩大的关键设施，其合理应用与有效维护意义重大。然而，当前水力发电站继电保护装置在应用和维护过程中仍面临诸多挑战。因此，深入探究其应用与维护策略，对于提升发电站运行的安全性、稳定性和经济性，具有十分紧迫且重要的现实意义。

1 水力发电站继电保护装置概述

在水力发电站的运行体系中，继电保护装置扮演着至关重要的角色，是保障发电站安全、稳定运行的关键设施。继电保护装置本质上是一种自动化设备，其核心作用在于实时监测发电站电力系统的运行状态。一旦检测到故障或异常情况，它能迅速、准确地做出反应，及时向相关人员发出告警信号，或者直接控制断路器跳闸，将故障设备从电力系统中切除，从而避免故障范围的扩大，减少对发电站设备的损害，保障电力系统的安全稳定运行。水力发电站的运行环境和设备特点决定了其继电保护装置具有独特之处，由于水力发电站通常建在江河湖泊等水源丰富的地方，环境较为潮湿，这就要求继电保护装置具备良好的防潮性能[1]。同时，发电站的设备众多、系统复杂，继电保护装置需要具备高度的可靠性、速动性、选择性和灵敏性。可靠性确保装置在需要动作时能够准确动作，在不需要动作时不发生误动作；速动性要求装置能快速切除故障，减少故障对设备的损害；选择性保证只切除故障设备，不影响其他正常设备的运行；灵敏性则使装置能够对各种故障和异常情况做出及时反应。常见的水力发电站继电保护装置类型多样，过流保护主要用于应对电路中电流过大的情况，当电流超过设定值时，装置会动作切除故障；过压保护则是在电压超过安全范围时发挥作用，保护设备免受高压损坏；差动保护通过比较设备两端的电流大小和相位关系，来判断设备是否发生故障；瓦斯保护主要针对变压器等设备，当设备内部发生故障产生瓦斯气体时，装置会发出信号或跳闸。

2 水力发电站继电保护装置的应用

2.1 发电机保护应用

发电机保护是水力发电站继电保护体系的核心内容。（1）差动保护实现定子绕组故障快速切除。通过装设发电机纵联差动保护装置，对定子绕组相间短路故障实现毫秒级快速切除，有效防止故障扩大导致铁芯烧损，保障发电机组主体设备安全。（2）接地保护防范定子单相接地危害。应用定子接地保护装置，实时监测发电机中性点电压与零序电流，及时发现定子绕组绝缘劣化引起的单相接地故障，避免接地电弧引发绕组烧毁事故。（3）失磁保护保障机组与系统稳定运行。针对水轮发电机励磁系统故障导致的失磁运行，失磁保护装置能及时监测励磁电流异常并动作于解列，防止机组从系统吸收无功功率引发系统电压崩溃。（4）过负荷与过流保护防止设备过热损坏。通过装设定子过负荷、对称过流及负序过流保护，实时监测发电机运行电流状态，在过载或不对称运行时及时报警或跳闸，避免绕组过热绝缘老化。（5）异常运行保护提升机组运行可靠性。配置过电压、失步、频率异常及轴承温度等异常运行保护，对机组各类非正常运行状态进行全方位监视与处置，全面提高发电机组运行的安全可靠性。

2.2 变压器保护应用

变压器保护应用是保障水力发电站升压变电设备安全运行的重要环节。（1）瓦斯保护灵敏反映油箱内部故障。通过在变压器油箱与储油柜间装设瓦斯继电器，对油箱内部绕组匝间短路、铁芯过热等故障产生的油气异常进行监测，轻瓦斯报警提示、重瓦斯直接跳闸，实现内部故障的灵敏保护。（2）差动保护快速切除相间短路故障。装设变压器纵联差动保护装置，对绕组及引出线的相间短路、大电流接地系统侧单相接地等严重故障实现快速动作，与瓦斯保护共同构成变压器的主保护体系。（3）后备保护防范外部故障越级扩大。配置复合电压闭锁过流、零序过流及过负荷保护等后备保护，在主保护拒动或外部故障时按整定时限动作，切除故障元件，防止事故范围进一步扩大。（4）非电量保护全面监视运行状态。应用压力释放、油温过高、冷却器故障等非电量保护装置，对变压器油温、油位及冷却系统运行状态实施全面监测，及时发现异常工况并作出相应处置。（5）智能化应用提升保护运行水平。采用微机型变压器保护装置，具备自检自诊断、录波分析与远方监控功能，保护动作更加精准可靠，调试维护更加便捷高效，运行管理水平显著提升。

2.3 母线保护应用

母线作为水力发电站电力系统中汇集和分配电能的关键节点，其安全稳定运行至关重要，母线保护装置在其中发挥着不可替代的作用。母线保护能快速切除母线故障，当母线发生短路等故障时，会产生巨大短路电流，若不及时切除，将严重损坏设备甚至导致停电事故。母线保护装置可在极短时间内检测到故障并动作，使断路器跳闸，隔离故障母线，保障其他部分正常运行。母线保护具备高可靠性和选择性，采用先进技术和算法，能准确判断故障位置和类型，只切除故障母线，避免无故障母线停电，提高供电可靠性[2]。同时，通过冗余设计和多重保护措施，降低装置自身故障概率，保证在各种复杂情况下可靠动作。母线保护还能实时监测母线运行状态，持续采集母线电压、电流等参数，进行分析和判断，及时发现潜在安全隐患并发出预警，便于运维人员提前处理，预防故障发生，保障水力发电站电力系统安全稳定运行。

2.4 线路保护应用

线路保护在水力发电站电力系统中起着关键作用，能保障输电线路安全稳定运行，确保电能可靠输送。线路保护可快速切除故障线路，当输电线路出现短路、接地等故障时，会产生异常电流和电压，线路保护装置能迅速检测到这些变化，及时发出跳闸指令，使断路器动作，将故障线路从系统中隔离，避免故障扩大影响其他部分，减少停电范围和时间[3]。它具备选择性和灵敏性，能准确判断故障位置，只切除故障线路，不影响非故障线路正常运行。同时，对各种故障类型和故障程度都有很高的灵敏度，即使是轻微故障也能及时察觉并动作。线路保护还可实现自动重合闸功能，对于瞬时性故障，在故障切除后，线路保护装置能自动重合断路器，恢复线路供电，提高供电可靠性。此外，它能实时监测线路运行状态，采集电流、电压等参数，分析线路健康状况，提前发现潜在隐患并预警，为运维人员提供决策依据，保障输电线路长期稳定运行。

3 水力发电站继电保护装置的维护策略

3.1 日常巡检维护要点

规范化的日常巡检维护是确保继电保护装置可靠运行的基础性工作。（1）检查装置外观与运行环境状况。定期查看保护屏柜外观是否完好、柜门密封是否良好，检查屏柜内温度、湿度是否符合要求，及时清理灰尘与杂物，保持装置运行环境的清洁干燥。（2）核对装置运行指示与信号状态。巡检时应仔细查看保护装置的运行灯、信号灯指示是否正常，液晶显示屏显示内容是否清晰完整，发现告警信号或异常指示应及时记录并查明原因处理。（3）检查二次回路及接线端子状况。认真检查电流、电压二次回路接线是否牢固，端子排有无松动、锈蚀与发热痕迹，核对各连接片、切换开关位置是否与运行方式相符，防止回路接触不良引发保护误动或拒动。（4）监测装置电源与通道运行参数。定期测量保护装置直流电源电压是否在合格范围内，检查逆变电源工作状态，对采用光纤通道的保护还应检查通道信号强度与误码情况，确保通道传输可靠。（5）做好巡检记录与异常闭环管理。详细填写巡检记录，对发现的缺陷与异常及时上报并跟踪处理，实行闭环管理，同时结合巡检数据开展趋势分析，提前预判设备隐患，变被动处理为主动防范。

3.2 定期检修试验流程

定期检修试验是保障水力发电站继电保护装置可靠运行的关键。检修团队需制定详细计划，明确检修项目、时间安排和人员分工。收集装置资料，如说明书、图纸和历史检修记录，准备好检修试验所需的工具和仪器，并确保其精度和性能符合要求。仔细查看装置外壳有无损坏、变形，各部件连接是否牢固，接线有无松动、老化和破损，标识是否清晰准确。性能测试时，运用专业仪器对装置的电气性能进行全面检测[4]。测试动作值、返回值和动作时间等参数，确保其符合设计要求

和相关标准。模拟故障情况，检验装置的动作可靠性和选择性。检查二次回路绝缘电阻是否良好，有无接地、短路等问题。测试回路的导通性和信号传输的准确性，保证信息传递无误。对检修试验结果进行详细记录和分析。若发现问题，及时制定处理方案并实施。整理检修资料，归档保存，为后续检修和维护提供依据。

3.3 故障诊断处理方法

科学有效的故障诊断处理方法是保障继电保护装置快速恢复运行的关键手段。（1）依据告警信息进行初步判断。装置发生异常时，应首先查看保护装置的告警报告、事件记录与信号指示，结合故障现象初步判断故障性质与范围，为后续深入检查确定方向，避免盲目排查延误处理时机。（2）采用分段排查法定位故障点。按照从电源到装置、从外部回路到内部元件的顺序，将二次回路划分为若干区段逐一测量检查，通过逐段排除缩小故障范围，实现故障点的快速精确定位。（3）运用测量分析法核实故障原因。借助万用表、继电保护测试仪等仪器，对疑似故障回路的电压、电流、绝缘电阻等参数进行实测分析，通过与标准值比对判断元件与回路是否异常，确保诊断结论准确可靠。（4）采取正确措施及时消除故障。根据故障诊断结果，对损坏的插件、元件进行更换，对松动的接线进行紧固，对绝缘下降的回路进行处理，故障消除后应进行必要的传动试验，验证装置功能恢复正常。（5）总结故障案例完善预防机制。对每次故障的处理过程进行详细记录与深入分析，建立故障案例库，定期组织维护人员学习交流，从中提炼共性规律，制定针对性预防措施，防止同类故障重复发生。

3.4 人员培训提升措施

为提升水力发电站继电保护装置维护人员的能力。定期组织专业课程学习，涵盖继电保护原理、电力系统知识、新装置技术特点，邀请行业权威授课，让人员系统掌握理论。还可安排线上学习平台，供其自主查漏补缺。搭建仿真模拟平台，模拟各类故障场景，让人员实操处理。同时，安排到实际发电站参与装置安装、调试、检修，积累实战经验。收集整理典型故障案例，分析故障原因、处理流程及预防措施[5]。组织人员讨论，鼓励分享见解与经验，拓宽处理问题的思路。建立考核机制，定期对人员知识掌握和实操能力测评。设立奖励制度，对成绩优异者给予物质奖励与晋升机会，激发学习热情，营造积极向上的学习氛围，持续提升人员专业素养。

3.5 维护管理制度建设

维护管理制度建设对水力发电站继电保护装置的稳定运行至关重要。建立完善的设备档案管理制度，详细记录装置的型号、规格、安装时间、调试报告、检修记录等信息。通过设备档案，能全面了解装置的运行历史和健康状况，为维护决策提供依据。制定严格的巡检和维护计划，明确巡检周期、内容和标准。安排专业人员按照计划进行巡检，及时发现装置潜在的问题和隐患。同时，对维护工作进行详细记录，确保维护工作的规范化和可追溯性。设立科学的故障处理流程，当装置出现故障时，能迅速响应并采取有效的处理措施。明确故障报告、诊断、修复和验收的各个环节，确保故障得到及时、准确的处理。加强人员管理，建立培训和考核机制，提高维护人员的专业技能和责任意识。定期组织培训，使维护人员掌握最新的技术和方法。对维护人员的工作进行考核，激励他们积极履行职责。

结语

未来，水力发电站继电保护装置的应用与维护将迎来新的发展机遇与挑战。随着科技的飞速发展，智能化、自动化技术将深度融合，使继电保护装置具备更强大的故障诊断与处理能力。在应用上，将进一步拓展保护范围，提高对复杂故障的应对能力，保障发电站电力系统的稳定运行。维护方面，远程监测、状态检修等先进模式将广泛应用，降低人力成本，提升维护效率。

参考文献

[1] 邢奥斌. 水力发电站继电保护装置的应用与维护探究 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2024,(6):0124-0127.

[2] 王成, 王富春. 高压变电站继电保护装置的在线检测与数字化维护系统开发 [J]. 消费电子,2026,(10):104-106.

[3] 仇国健. 水利发电站继电保护装置的运维分析 [J]. 中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术,2025,(3):198-201.

[4] 杨丽艳. 光伏发电站中继电保护及自动化装置的运行维护分析 [J]. 今日自动化,2023,(8):102-103+159.

[5] 李英明, 沈沉, 任华锋, 等. 用于继电保护装置的可信计算实现方案 [J]. 电工技术,2026,(12):169-175.